

W

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Yukio FUJINAWA, et al.**

Serial Number: **Not Yet Assigned**

Filed: **August 6, 2003**

Customer No.: 23850

For: **METHOD FOR ESTIMATING ORIGIN TIME, HYPOCENTRAL DISTANCE, AND SCALE BASED ON ELECTRIC FIELD OBSERVATION, AND APPARATUS FOR PREDICTION**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

August 6, 2003

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2002-325538, filed on November 8, 2003

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy/copies.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,
ARMSTRONG, WESTERMAN & HATTORI, LLP



Sadao Kinashi
Reg. No. 48,075

Atty. Docket No.: 030936
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
Tel: (202) 659-2930
Fax: (202) 887-0357
SK/ll

ST110003B

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年11月 8日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-325538

[ST.10/C]:

[JP2002-325538]

出 願 人

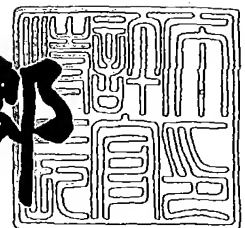
Applicant(s):

独立行政法人防災科学技術研究所

2003年 3月14日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-301641.9

【書類名】 特許願

【整理番号】 NIEDX01B

【提出日】 平成14年11月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01V 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市天王台3-1 独立行政法人防災科学技術研究所内

【氏名】 藤縄 幸雄

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市天王台3-1 独立行政法人防災科学技術研究所内

【氏名】 松本 拓己

【発明者】

【住所又は居所】 東京都東久留米市滝山7-14-7

【氏名】 高橋 耕三

【特許出願人】

【識別番号】 501138231

【氏名又は名称】 独立行政法人防災科学技術研究所

【代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川 昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井 博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 菰澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【選任した代理人】

【識別番号】 100109748

【弁理士】

【氏名又は名称】 飯高 勉

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】

要約書 1

【ブルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測方法及びその予測装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する方法であって、電界強度の計測値データを収集・蓄積し、電界上昇開始時刻から震源時を検知し、前記震源時からの経過時間と前記計測値データから震源距離と規模を予測することを特徴とする電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測方法。

【請求項2】 前記震源時からの経過時間 t における電界強度 $E(t)$ と該経過時間 t の関係から次式〔数1〕を基に2個以上の計測値データにより震源距離 D と規模 M を予測することを特徴とする請求項1記載の電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測方法。

【数1】

$$E(t) = a 10^M / \{D - r(t)\}^b$$

ただし、 a 、 b ：地質及び電界観測システムに依存する常数

$r(t)$ ：時刻 t における震源域とP波の面間の距離

$= t \times P$ 波の速度

【請求項3】 地震波を計測する地震計と併用して震源時・震源距離・規模を予測することを特徴とする請求項1又は2記載の電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測方法。

【請求項4】 地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する装置であって、電界強度を計測する計測手段と、前記計測手段による計測値データを収集・蓄積するデータ蓄積手段と、前記データ蓄積手段に蓄積された計測値データを解析して電界上昇開始時刻から震源時を検知し、前記震源時からの経過時間と前記計測値データから震源距離と規模を予測するデータ解析手段とを備えたことを特徴とする電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測装置。

【請求項5】 前記データ解析手段は、前記震源時からの経過時間 t にお

る電界強度 $E(t)$ と該経過時間 t の関係から次式〔数 2〕を基に 2 個以上の計測値データにより震源距離 D と規模 M を予測することを特徴とする請求項 4 記載の電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測装置。

【数 2】

$$E(t) = a 10^M / \{D - r(t)\}^b$$

ただし、 a 、 b ：地質及び電界観測システムに依存する常数

$r(t)$ ：時刻 t における震源域と P 波の面間の距離

$= t \times \text{P 波の速度}$

【請求項 6】 さらに地震波を計測する地震計を備え、前記データ解析手段は、前記地震計による計測データと併用して震源時・震源距離・規模を予測することを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する方法及びその予測装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

従来技術による震源時・震源距離・規模の算出は、地震波の P 波のみ、または P 波と S 波の計測により行われている（例えば、特許文献 1 参照）。これらの値の算出には、P 波のみの場合、4 箇所以上で同じ地震の P 波を計測する必要があり、P 波と S 波を用いる場合でも、3 箇所以上で同じ地震の P 波と S 波を計測する必要がある。

【0003】

このため、例えば 4 箇所の P 波の観測点の震源距離が約 100 km またはそれ以内にある場合、震源時（地震発生時刻）・震源距離（震源と観測点間の距離）・規模（マグニチュード M ）の算出には、震源時から少なくとも P 波が観測点に到達するまでの 15 秒を要する。しかし、通常は P 波と S 波の両方を用いている

ので、3箇所の観測点の震源距離が約100kmまたはそれ以内の場合、S波が観測点に到達するまでの約25秒を要する。どちらの方法にせよ、地震波が3箇所、または4箇所の観測点に到達するまで、上記の例の場合は、地震発生から15ないし25秒間は、震源距離・規模を知ることはできない。

【0004】

【特許文献1】

特開平6-324160号公報

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するものであって、簡単な方法及び装置により、地震発生とほぼ同時に震源時を検知する共に、短時間に地震波の到来前に、震源距離、規模を予測できるようにするものである。

【0006】

そのために本発明は、地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する方法であって、電界強度の計測値データを収集・蓄積し、電界上昇開始時刻から震源時を検知し、前記震源時からの経過時間と前記計測値データから震源距離と規模を予測することを特徴とするものである。

【0007】

また、地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する装置であって、電界強度を計測する計測手段と、前記計測手段による計測値データを収集・蓄積するデータ蓄積手段と、前記データ蓄積手段に蓄積された計測値データを解析して電界上昇開始時刻から震源時を検知し、前記震源時からの経過時間と前記計測値データから震源距離と規模を予測するデータ解析手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0008】

さらに、前記震源時からの経過時間 t における電界強度 $E(t)$ と該経過時間 t の関係から次式〔数3〕を基に2個以上の計測値データにより震源距離 D と規模 M を予測し、

【0009】

【数3】

$$E(t) = a 10^M / \{D - r(t)\}^b$$

ただし、 a 、 b ：地質及び電界観測システムに依存する常数

$r(t)$ ：時刻 t における震源域とP波の面間の距離

$$= t \times \text{P波の速度}$$

地震波を計測する地震計と併用して震源時・震源距離・規模を予測することを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。図1は本発明に係る電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測方法の実施の形態を説明するための図であり、1は震源、2は震源から伝播する地震波、3は地震波の波面（Wave Front）であり、P波の波面であると同時に帯電面でもある。4は帯電面により誘起される誘導電界、5は電界強度を計測する電磁界センサーを示す。

【0011】

図1において、地震波2は、地震発生と同時に震源1から発生し伝播して行く。この際、P波の速度が一番速いため、地震波の波面（Wave Front）はP波の波面となる。P波は縦波であり、その波面は帯電面3となる。帯電面3は電界を誘起し誘導電界4が伝播する。

【0012】

誘導電界4は、後述の観測例に示すように地震と同時に発生し、P波の伝播と同期して強度が増大し、P波の到達時に極大となる。そして、P波の到達時からS波の到達まで、電界は減少し、S波の伝播と同期した電界は観測されない。また、P波による電界パルスは観測されず、S波の到達時に電界パルスが発生する。

【0013】

この誘導電界4の強度を電磁界センサー5により計測し、解析することにより

震源時は、電界上昇開始時刻から検知し、前記震源距離及び規模（マグニチュードM）は、震源時からの経過時間と電磁界センサー5による計測値データから予測する。

【0014】

P波の伝播と同期した誘導電界4の波形は、P波の波面（Wave Front）に電荷が発生するとすれば、その誘導電界で定量的に説明できる。観測において、振幅は、P波の波面から電界観測点までの距離の二乗にほぼ反比例している。マグニチュードMの定義として、地震動の最大速度振幅の常用対数を用いるものが多い。また、流動電位及びピエゾ電荷は最大速度振幅に比例するから、電界が流動電位またはピエゾ電荷によるものならば、電界は10のM乗に比例する。よって、マグニチュードMは次式〔数4〕から求められる。

【0015】

〔数4〕

$$E(t) = a 10^M / \{D - r(t)\}^b$$

ただし、E(t)：震源時からの経過時間tにおける電界強度

a, b：地質及び電界観測システムに依存する常数

D：震源距離

r(t)：時刻tにおける震源域とP波の面間の距離

$$= t \times \text{P波の速度}$$

上式〔数4〕は、P波の到達前でも、震源時（電界上昇開始時刻）からの経過時間tと電界の振幅（電界強度）Eの関係から、マグニチュードMと震源距離Dは予測できることを示している。即ち、マグニチュードMと震源距離Dを未知数とする上式〔数4〕は、時間がtのときの電界強度E(t)の計測値データが2個以上得られれば解け、マグニチュードMと震源距離Dは求められる。よって、地震発生後、サンプリング周期を0.1秒とすると5秒で10個の計測値データが得られるので、数秒で、P波の到来前に、地震動は予測でき、上記従来の場合で、約10秒は短縮することができ、大部分の地域に対し地震波の到来前の予報が可能になる。

【0016】

次に、観測装置の構成およびその処理を説明する。図 2 は本発明に係る電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測装置の構成例を示す図であり、21 は電極、22 は受信機、23 は地震計、24 はデータ収集部、25 はデータ蓄積部、26 はデータ解析部、27 はペンレコーダを示す。

【0017】

図 2 において、電極 21 は、電極間の電位差を出力するものである。受信機 22 は、電極 21 の出力電圧の内の、所要帯域外の出力を減少させると共に、所要帯域内の出力を所要電圧（通常は 10 V 以下）まで増幅するものである。地震計 23 は、地震波による加速度等の振幅を電圧に変換して出力するものである。データ収集部 24 は、所定のサンプリング周期（0, 1 秒以下）で、受信機 22 及び地震計 23 の計測値データを収集するものである。データ蓄積部 25 は、その収集した計測値データについて有意・無意を判断したうえで、記憶手段に蓄積するものである。

【0018】

データ解析部 26 は、データ蓄積部 25 の記憶手段に収集し蓄積した計測値データを解析して地震と同時に発生した電界を検出し、電界上昇開始時刻から震源時を予測し、震源時からの経過時間と計測値データから震源距離と規模を予測して出力する。ペンレコーダ 27 は、電極 21、受信機 22 及び地震計 23 の計測状況を監視するものである。地震計 23 の計測値データを用いる場合には、P 波を検知して、P 波の計測値データと電界強度の計測値データから震源距離と規模を予測する。

【0019】

次に、観測例によって、観測データの処理法を具体的に示す。図 3 は地震と同時に発生する電界及び該地震の P 波の観測例を示す図であり、下記の 2002 年 6 月 14 日の地震の際の観測例で、該地震の震源時・震源距離・規模を予測するための時刻関係が示されている。31 は地震と同時に発生した電界、32 は南北方向の加速度、33 は東西方向の加速度、34 は上下方向の加速度、35 は震源時、36 は P 波の到達時刻、37 は電界の特異点、38 は S 波到達による電界パルスの上昇開始時刻を示す。

【0020】

2002年6月14日の茨城県南西部の地震

震源：36° . 237N, 139° . 983E、深さ：57km、

規模：4.9

観測された電界と地震の時刻

電界上昇開始時刻 11:42 49.0秒

震源時（計算値） 11:42 49.99秒

電界極大時刻 11:43 04.4秒

（極大値：0.45mV）

P波到達時刻 11:43 03.65秒

（電界極大とP波到達の時刻差0.75秒は、震源域の長さに対応）

電界Impulseの上昇開始時刻

11:43 15.0秒

（最大値：12mV）

S波到達時刻（計算値） 11:43 14.0秒

観測点：茨城県波崎町太田押揚402

35° 49' . 73N, 140° 43' . 94E

震央距離：78.4km 震源距離：98km

観測周波数：0-0.7Hz、0.01-0.7Hz

電極：垂直の掘削孔に挿入した805m鋼管と、その回りに埋設した銅線

Recorder：三栄8D20A、記録速度：2mm/sec、

記録感度：1mV/cm

東亜ペガサスINR-6041、記録速度：30mm/H、

記録感度：10mV/2.5cm

上記観測例によれば、地震と同時に発生した電界31は、地震波が観測されなくなるまで継続した。南北方向の加速度32、東西方向の加速度33、上下方向の加速度34は、何れも電界の観測点（波崎）の東南14kmの鉋子での強震計の記録である。震源時35（計算値）は、電界上昇開始時刻、11時42分49.0秒と計算誤差の範囲内で一致している。P波の到達時刻36は、電界観測点

(波崎)での高感度地震計での観測値である。電界の特異点37は、電界が増加から減少に急変する点である。S波到達による電界パルスの上昇開始時刻38は、図2では、S波の到達時刻と一致しているが、電界の観測点(波崎)との距離差が11kmある銚子での観測値であり、S波の波崎への実際の到達時刻は、上昇開始時刻38の1秒前である。この1秒の差は、S波による横波の誘起電圧の位相遅れによる。

【0021】

上記の観測例の場合、震源距離98kmは、P波到達時刻36と震源時35の差13.7秒にP波の伝播速度7.2km/sを掛けて得られる。規模は、従来技術により、震源距離と地震波の振幅との関係から得られる他、P波到達時刻36と電界の特異点37との差からも下記の方法で得られる。本観測例の場合は、この差は0.8秒であり、これにP波の伝播速度を掛けると震源域の長さ5kmが得られ、この値は規模5(通常、規模の誤差は0.5)の地震の震源域の長さに相当する。上記の他、下記の方法で規模は得られる。

【0022】

電界の振幅(電界強度)は、規模と共に大きくなり、P波の波面(Wave Front)から電界観測点までの距離の二乗に反比例するため、P波の到達前でも、震源時35(電界上昇開始時刻)からの経過時間と電界の振幅の関係から、規模と震源距離は予測できる。即ち、規模と震源距離を未知数とする上記の関係式は、震源時35からの経過時間が t のときの電界の振幅 $E(t)$ の計測値が2個以上得られれば解けて、規模と震源距離は一意的に求められる。よって、地震発生後、数秒で、地震波の到来前に、規模・震源は予測できることになる。

【0023】

本実施形態の電磁界センサー5による電界強度の計測は、自然雑音及び人工雑音が共に少ない場所で行うようにするのが望ましい。例えば上記観測例によれば、地震に伴う電界が $0.4\mu\text{V}/\text{m}$ 程度であるので、最適観測帯とされる $0.01-30\text{Hz}$ 帯で、自然雑音及び人工雑音が常時 $0.1\mu\text{V}/\text{m}$ 程度以下の観測点とすることが望ましい。

【0024】

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば上記実施の形態では、1観測地点から震源時・震源距離・規模を予測したが、震源距離から震源位置を求める手法として、従来のP波とS波から求める手法と同じ手法を採用してもよい。

【0025】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する方法として、電界強度の計測値データを収集・蓄積し、電界上昇開始時刻から震源時を検知し、震源時からの経過時間と計測値データから震源距離と規模を予測し、また、地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する装置として、電界強度を計測する計測手段と、計測手段による計測値データを収集・蓄積するデータ蓄積手段と、データ蓄積手段に蓄積された計測値データを解析して電界上昇開始時刻から震源時を検知し、震源時からの経過時間と計測値データから震源距離と規模を予測するデータ解析手段とを備えたので、電界強度の計測と解析により短時間に地震波の到来前に、震源・震源距離・規模を予測できる。

【0026】

このため、本発明は、原子炉、高速鉄道、高速道路、空港などでの地震波到来前の緊急停止処置への利用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測方法の実施の形態を説明するための図である。

【図2】 本発明に係る電界観測に基づく震源時・震源距離・規模の予測装置の構成例を示す図である。

【図3】 地震と同時に発生する電界及び該地震のP波の観測例を示す図である。

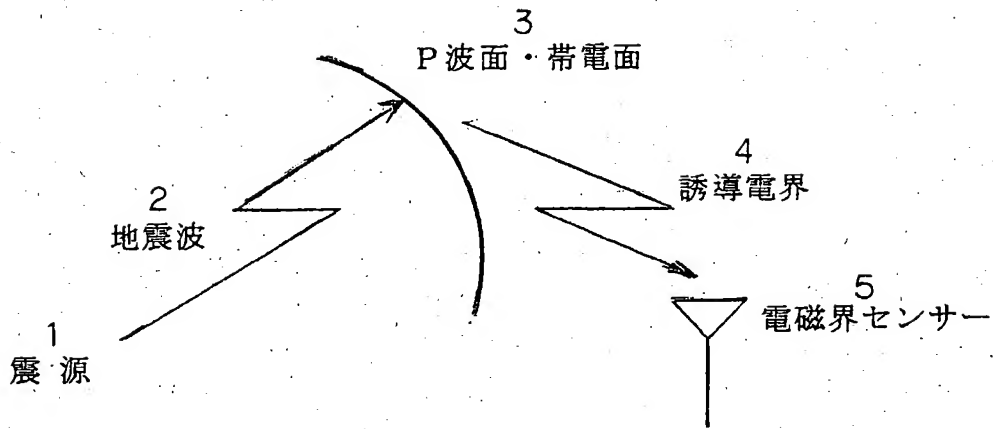
【符号の説明】

1…震源、2…地震波、3…P波面・帯電面、4…誘導電界、5…電磁界セン

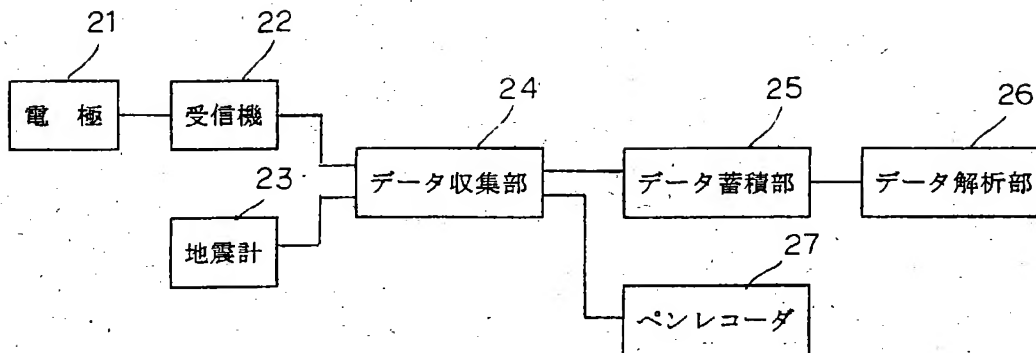
サー、21…電極、22…受信機、23…地震計、24…データ収集部、25…データ蓄積部、26…データ解析部、27…ペンレコーダ、31…地震と同時に発生した電界、32…南北方向の加速度、33…東西方向の加速度、34…上下方向の加速度、35…震源時、36…P波の到達時刻、37…電界の特異点、38…S波到達による電界パルスの上昇開始時刻

【書類名】 図面

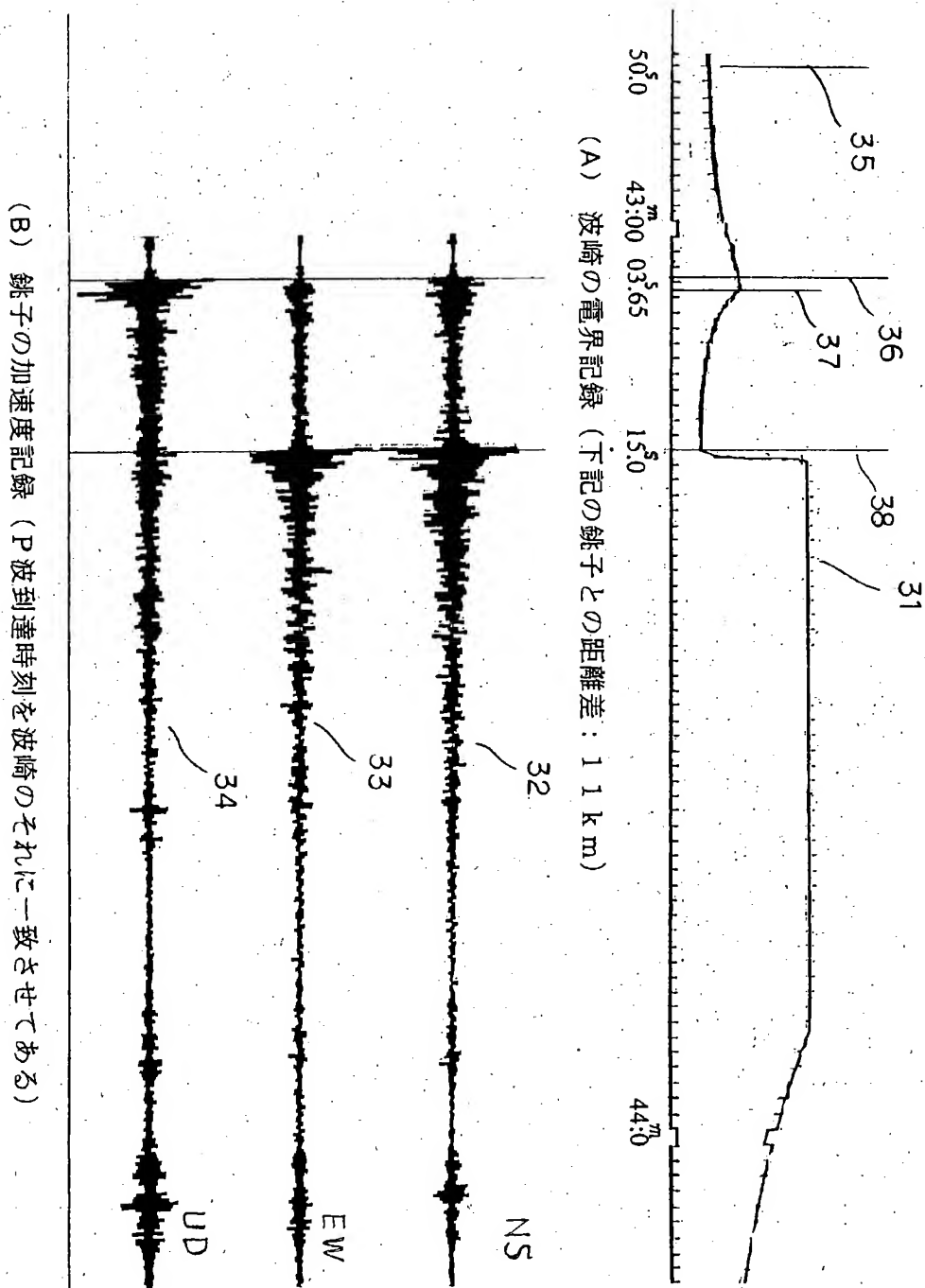
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な方法及び装置により、地震発生とほぼ同時に震源時を検知する共に、短時間に地震波の到来前に、震源距離、規模を予測できるようにする。

【解決手段】 地震動に伴い観測される電界強度の計測値データの時系列から震源時・震源距離・規模を予測する装置として、電界強度を計測する計測手段21、22と、計測手段による計測値データを収集・蓄積するデータ蓄積手段24、25と、データ蓄積手段に蓄積された計測値データを解析して電界上昇開始時刻から震源時を検知し、震源時からの経過時間と計測値データから震源距離と規模を予測するデータ解析手段26とを備え、自然雑音および人工雑音が共に少ない地点で電界強度を計測し、その計測データを解析して、地震と同時に発生する電界の検知による地震の震源時・震源距離・規模の予測を行う。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[501138231]

1. 変更年月日 2001年 4月 5日

[変更理由] 新規登録

住 所 茨城県つくば市天王台3丁目1番

氏 名 独立行政法人防災科学技術研究所